

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-050409

(43)Date of publication of application : 21.02.2003

(51)Int.Cl.

G02F 1/35
H01S 3/06
H01S 3/10
H01S 3/30
H04B 10/12
H04B 10/13
H04B 10/135
H04B 10/14
H04B 10/16
H04B 10/17

(21)Application number : 2001-240222

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 08.08.2001

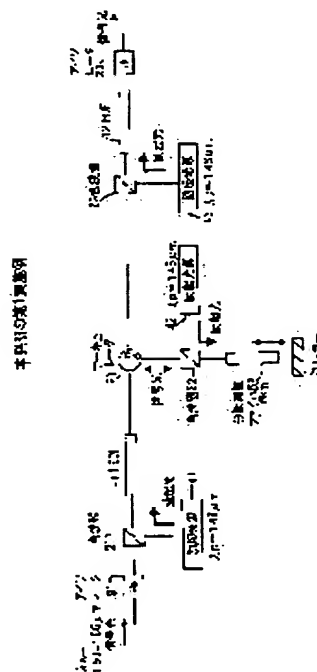
(72)Inventor : MASUDA KOJI
MORI ATSUSHI
ONO HIROTAKE
SHIMIZU MAKOTO

(54) OPTICAL FIBER AMPLIFIER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical fiber amplifier which is inexpensive and small-sized since a Raman fiber is reducible in length and the number of exciting light sources can properly be decreased.

SOLUTION: The optical fiber amplifier has a circulator 61, at least two or more erbium-added fibers 11 and 12 which are installed before and behind the circulator 61, an optical fiber 52 which performs Raman amplification of signal light emitted from the circulator 61, a mirror 71 which reflects signal light emitted from the optical fiber 52, exciting light sources 41 and 43 which excite the erbium-added fibers 11 and 12, an exciting light source 42 for Raman amplification which excites the optical fiber, and a multiplexer 22 which multiplexes exciting light from the exciting light source for the Raman amplification with the signal line between the circulator 61 and mirror 71.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.03.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-50409

(P 2 0 0 3 - 5 0 4 0 9 A)

(43) 公開日 平成15年2月21日 (2003.2.21)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト (参考)
G02F 1/35	501	G02F 1/35	501 2K002
H01S 3/06		H01S 3/06	B 5F072
3/10		3/10	Z 5K002
3/30		3/30	Z
H04B 10/12		H04B 9/00	Q

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全15頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-240222 (P 2001-240222)

(22) 出願日 平成13年8月8日 (2001.8.8)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 増田 浩次

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 森 淳

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100078499

弁理士 光石 俊郎 (外2名)

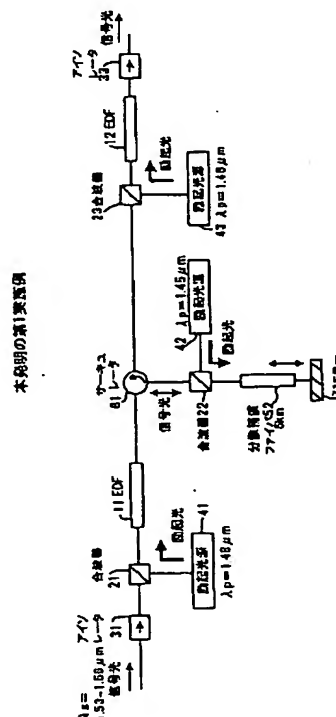
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバ増幅器

(57) 【要約】

【課題】 ラマンファイバの長さが半減でき、また、励起光源の数を適宜減らすことができるので、安価で小型の光ファイバ増幅器を実現できる光ファイバ増幅器を提供するにある。

【解決手段】 サーキュレータ61と、前記サーキュレータ61の前後に設置した、少なくとも2つ以上のエルビウム添加ファイバ11、12と、前記サーキュレータ61から出射した信号光のラマン増幅を行う光ファイバ52と、前記光ファイバ52から出射した信号光を反射するミラー71と、前記エルビウム添加ファイバ11、12を励起する励起光源41、43と、前記光ファイバを励起するラマン用励起光源42と、前記サーキュレータ61と前記ミラー71の間に、前記ラマン用励起光源42からの励起光と信号光を合波する合波器22を有することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 サーキュレータと、前記サーキュレータの前後に設置した、少なくとも 2 つ以上のエルビウム添加ファイバと、前記サーキュレータから出射した信号光のラマン増幅を行う光ファイバと、前記光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記エルビウム添加ファイバを励起する励起光源と、前記光ファイバを励起するラマン用励起光源と、前記サーキュレータと前記ミラーの間に、前記ラマン用励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項 2】 サーキュレータと、前記サーキュレータの前後に設置した、少なくとも 2 つ以上のエルビウム添加ファイバと、前記サーキュレータから出射した信号光のラマン増幅を行う光ファイバと、前記光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記エルビウム添加ファイバを励起する励起光源と、前記光ファイバを励起するラマン用励起光源と、前記サーキュレータの前段に、前記ラマン用励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項 3】 サーキュレータと、前記サーキュレータの前後に設置した、少なくとも 2 つ以上のエルビウム添加ファイバと、前記サーキュレータから出射した信号光のラマン増幅を行う光ファイバと、前記光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記エルビウム添加ファイバ及び前記光ファイバを励起する 1 つの励起光源と、前記サーキュレータの前段に設置したエルビウム添加ファイバと、前記励起光源の間に、前記励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項 4】 サーキュレータと、前記サーキュレータの前後に設置した、少なくとも 1 つ以上のエルビウム添加ファイバと、前記サーキュレータから出射した信号光のラマン増幅を行う光ファイバと、前記光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記エルビウム添加ファイバ及び前記光ファイバを励起する 1 つの励起光源と、前記サーキュレータの信号光入力側に、前記励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項 5】 3 ポートを有するサーキュレータと、前記サーキュレータの第 2 のポートから出射した信号光のラマン増幅を行う第 1 の光ファイバと、前記第 1 の光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記サーキュレータの第 3 のポートから出射した信号光のラマン増幅を行う第 2 の光ファイバと、前記 2 つの光ファイバを励起する励起光源と、前記サーキュレータの第 1 のポート側に、前記励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項 6】 4 ポートを有するサーキュレータと、前記サーキュレータの第 2 のポートから出射した信号光のラマン増幅を行う第 1 の光ファイバと、前記第 1 の光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記サーキュレータの第 3 のポートから出射した信号光のラマン増幅を行う第 2 の光ファイバと、前記第 2 の光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記 2 つの光ファイバを励起する励起光源と、前記サーキュレータの第 1 のポート側に、前記励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項 7】 複数のエルビウム添加ファイバと、複数の励起光源を有し、信号光出力側に設置したエルビウム添加ファイバを励起する励起光源の励起光波長が 1.50 ~ 1.58 μm であることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項 8】 3 ポートを有するサーキュレータと、前記サーキュレータの第 1 のポート側に設置した第 1 のエルビウム添加ファイバと、第 2 のポート側に設置した第 2 のエルビウム添加ファイバと、前記第 1 のエルビウム添加ファイバから出射した信号光を反射するミラーを有し、信号光波長が、1.57 ~ 1.60 μm の波長域をいずれかの波長を含むことを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項 9】 3 ポートを有するサーキュレータと、前記サーキュレータの第 1 のポート側に設置した第 1 のエルビウム添加ファイバと、第 2 のポート側に設置した第 2 のエルビウム添加ファイバと、前記第 2 のエルビウム添加ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、励起光源を有し、前記励起光源からの励起光が、第 1 のエルビウム添加ファイバ及び第 2 のエルビウム添加ファイバを順次通過してそれらを励起することを特徴とする光ファイバ増幅器。

【請求項 10】 前記請求項 1, 2, 3, 4, 5, 6 又は 7 記載の光ファイバ増幅器であって、前記光ファイバは分散補償ファイバであることを特徴とする光ファイバ増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバ増幅器に関する。例えば、光ファイバを用いて通信を行う光ファイバ通信システムに適用されるものである。

【0002】

【従来の技術】従来技術の光ファイバ増幅器の第 1 構成を図 2 に示す (S.Kawai et al., Electron. Lett., Vol. 34, pp. 897-898, 1998)。本構成の光ファイバ増幅器は、利得媒質として、2 つのエルビウム添加ファイバ 11, 12 と 1 つの分散補償ファイバ (DCF) 51 を有する。信号光波長は 1.53 ~ 1.56 μm である。その分散補償ファイバ 51 は励起光源 42 からの励

起光で、合波器22を用いて励起され、ラマン利得を生じる。また、分散補償ファイバ51の典型的な長さは10 km程度である。分散補償ファイバ51の励起光波長を図のように1.45 μm に設定したとき、ラマン利得は1.55 μm 近辺に生じる。

【0003】ラマン利得の大きさは励起光パワー等に依存するが、典型値は、励起光パワー(Pp)が200 mWのとき内部値(オンオフ利得とも言う)で10 dB程度である。一方、上記10 kmの分散補償ファイバ51の損失値は約5 dBである。従って、ラマン利得(内部値)は分散補償ファイバ51の損失を十分に補っている。その結果、ラマン増幅を用いない場合における光ファイバ増幅器の雑音指数劣化を抑圧するなどの効果がある。

【0004】従来技術の光ファイバ増幅器の第2構成を図7に示す(H. Masuda et al., Electron. Lett., Vol. 34, pp. 2339-2340, 1998)。本構成の光ファイバ増幅器は、利得媒質として、2つのラマンファイバ(ラマン増幅用のラマン利得係数が高いファイバ)81, 82を有する。それらのラマンファイバ81, 82は、図に示したように信号光の伝搬方向に対して逆方向から励起される場合が多い。また、それらのラマンファイバ81, 82の長さの例は5 kmである。

【0005】従来技術の光ファイバ増幅器の第3構成を図10に示す(H. Ono et al., Photon. Technol. Lett., Vol. 9, pp. 596-598, 1997)。利得媒質として2つのエルビウム添加ファイバ11及びエルビウム添加ファイバ12を用いている。信号光波長は1.57~1.60 μm である。エルビウム添加ファイバ11及び12の長さの典型値は5 m及び20 mである。

【0006】エルビウム添加ファイバ11は1.48 μm の励起光源41で前方向励起され、エルビウム添加ファイバ12は2つの1.48 μm の励起光源42及び励起光源43で双方向励起されている。本光ファイバ増幅器への入力信号光パワー(Psin)等の動作条件に依存するが、一般に、Psinが小さいときには励起光源42からの励起光がエルビウム添加ファイバ12の信号光出力端近辺に到達しない。従って、励起光源43により、そのエルビウム添加ファイバ12の信号光出力端近辺を励起する必要がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来技術では、以下の問題が生じている。上記第1構成では、分散補償ファイバ51の励起効率(励起光パワー当たりのラマン利得)が低いため、所要のラマン利得を得るために、大きな励起光パワーが必要であり、励起光源42が高価になるといった欠点がある。また、分散補償ファイバ51が長いと、高価・大型(収容のための所要容積が大きい)であるという欠点がある。上記第2構成では、一般に、高パワーの高価な複数の励起光源41, 42が必要

であり、また、ラマンファイバ81, 82が長く、高価であるといった欠点がある。また、上記第3構成では、第3の励起光源43が必要であり、光ファイバ増幅器の構成部品点数が多く、光ファイバ増幅器が高価になるといった欠点が生じている。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の請求項1に係る光ファイバ増幅器は、サーキュレータと、前記サーキュレータの前後に設置した、少なくとも2つ以上のエルビウム添加ファイバと、前記サーキュレータから出射した信号光のラマン増幅を行う光ファイバと、前記光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記エルビウム添加ファイバを励起する励起光源と、前記光ファイバを励起するラマン用励起光源と、前記サーキュレータと前記ミラーの間に、前記ラマン用励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする。

【0009】上記課題を解決する本発明の請求項2に係る光ファイバ増幅器は、サーキュレータと、前記サーキュレータの前後に設置した、少なくとも2つ以上のエルビウム添加ファイバと、前記サーキュレータから出射した信号光のラマン増幅を行う光ファイバと、前記光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記エルビウム添加ファイバを励起する励起光源と、前記光ファイバを励起するラマン用励起光源と、前記サーキュレータの前段(信号光が最初に入射するポート位置)に、前記ラマン用励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする。

【0010】上記課題を解決する本発明の請求項3に係る光ファイバ増幅器は、サーキュレータと、前記サーキュレータの前後に設置した、少なくとも2つ以上のエルビウム添加ファイバと、前記サーキュレータから出射した信号光のラマン増幅を行う光ファイバと、前記光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記エルビウム添加ファイバ及び前記光ファイバを励起する1つの励起光源と、前記サーキュレータの前段に設置したエルビウム添加ファイバと、前記励起光源の間に、前記励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする。

【0011】上記課題を解決する本発明の請求項4に係る光ファイバ増幅器は、サーキュレータと、前記サーキュレータの前後に設置した、少なくとも1つ以上のエルビウム添加ファイバと、前記サーキュレータから出射した信号光のラマン増幅を行う光ファイバと、前記光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記エルビウム添加ファイバ及び前記光ファイバを励起する1つの励起光源と、前記サーキュレータの信号光入力側に、前記励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする。請求項1~4に記載の発明によれば、光ファイバ増幅器の簡素化・低価格化が可能で

ある。

【0012】上記課題を解決する本発明の請求項5に係る光ファイバ増幅器は、3ポートを有するサーキュレータと、前記サーキュレータの第2のポートから出射した信号光のラマン増幅を行う第1の光ファイバと、前記光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記サーキュレータの第3のポートから出射した信号光のラマン増幅を行う第2の光ファイバと、前記2つの光ファイバを励起する励起光源と、前記サーキュレータの第1のポート側に、前記励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする。

【0013】上記課題を解決する本発明の請求項6に係る光ファイバ増幅器は、4ポートを有するサーキュレータと、前記サーキュレータの第2のポートから出射した信号光のラマン増幅を行う第1の光ファイバと、前記第1の光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記サーキュレータの第3のポートから出射した信号光のラマン増幅を行う第2の光ファイバと、前記第2の光ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、前記2つの光ファイバを励起する励起光源と、前記サーキュレータの第1のポート側に、前記励起光源からの励起光と信号光を合波する合波器を有することを特徴とする。請求項5及び6に記載の発明によれば、光ファイバ増幅器の簡素化・低価格化が可能である。

【0014】上記課題を解決する本発明の請求項7に係る光ファイバ増幅器は、複数のエルビウム添加ファイバと、複数の励起光源を有し、信号光出力側に設置したエルビウム添加ファイバを励起する励起光源の励起光波長が1.50~1.58 μm であることを特徴とする。

【0015】上記課題を解決する本発明の請求項8に係る光ファイバ増幅器は、3ポートを有するサーキュレータと、前記サーキュレータの第1のポート側に設置した第1のエルビウム添加ファイバと、第2のポート側に設置した第2のエルビウム添加ファイバと、前記第2のエルビウム添加ファイバから出射した信号光を反射するミラーを有し、信号光波長が、1.57~1.60 μm の波長域をいずれかの波長を含むことを特徴とする。

【0016】上記課題を解決する本発明の請求項9に係る光ファイバ増幅器は、3ポートを有するサーキュレータと、前記サーキュレータの第1のポート側に設置した第1のエルビウム添加ファイバ、第2のポート側に設置した第2のエルビウム添加ファイバと、前記第2のエルビウム添加ファイバから出射した信号光を反射するミラーと、励起光源を有し、前記励起光源からの励起光が、前記第1のエルビウム添加ファイバ及び第2のエルビウム添加ファイバを順次通過してそれらを励起することを特徴とする。請求項7~9に記載の発明によれば、光ファイバ増幅器の簡素化・低価格化が可能である。

【0017】上記課題を解決する本発明の請求項10に係る光ファイバ増幅器は、前記請求項1, 2, 3, 4,

5, 6又は7記載の光ファイバ増幅器であって、前記光ファイバは分散補償ファイバであることを特徴とする。請求項10に記載の発明によれば、分散補償ファイバを用いて、分散補償とラマン増幅を同時に行うことができ、光ファイバ増幅器の簡素化・低価格化が可能である。

【0018】

【発明の実施の形態】〔第1実施例〕本発明の第1実施例に係る光ファイバ増幅器の構成を図1に示す。本実施例は、図2に示す従来技術の第1構成と類似しているが、下記の点が主に異なる。即ち、従来技術の第1構成では、励起光源42と合波器22を用いて分散シフトファイバ（分散補償ファイバ）51を励起し、信号光は、前段のアイソレータ31を通過後、分散補償ファイバ51、合波器22を通過し、次段のエルビウム添加ファイバ12に伝搬している。

【0019】一方、本実施例では、サーキュレータ61及びミラー71を新たに用いて、サーキュレータ61の第1のポート（エルビウム添加ファイバ11に接続しているポート）から入射した信号光を第2のポートに導き、その第2のポートから出射した信号光は一度、分散補償ファイバ52を通過した後、ミラー71で反射して再び分散補償ファイバ52を通過し、サーキュレータ61の第2のポートに入射して、サーキュレータ61の第3のポートから出射し、次段のエルビウム添加ファイバ12に伝搬している。分散補償ファイバ52は励起光源42と合波器22を用いて励起されている。

【0020】信号光が分散補償ファイバ中を往復するため、同じ分散係数（単位長さ当たりの分散値）が同じであれば、分散補償ファイバ長は図1に示したように、従来技術の第1構成の約半分（5km）でよいという利点がある。また、分散係数が従来技術の第1構成の半分であり、ラマン利得係数が従来技術第1構成とほぼ同じ分散補償ファイバを用いれば、同じラマン利得（内部値）を得るための励起光パワーは、約半分でよいという利点がある。図1は、エルビウム添加ファイバ11, 12を用いた場合を示しているが、それを他の希土類添加ファイバ（トリウム添加ファイバやプラセオジウム添加ファイバなど）に置き換えても上記と同様のことが成り立つ。従って、従来技術で問題であった、所要励起光パワーが高い、分散補償ファイバが長いといった欠点を解決できる。

【0021】〔第2実施例〕本発明の第2実施例に係る光ファイバ増幅器の構成を図3に示す。本実施例は、前記第1実施例と類似しているが、下記の点が主に異なる。即ち、第1実施例では、励起光源42に対する合波器22を、サーキュレータ61と分散補償ファイバ52の間に設置していたが、本実施例では、エルビウム添加ファイバ11とサーキュレータ62の間に設置している。また、本実施例では、励起光源43及び励起光源4

3用の合波器23を用いていない。

【0022】本実施例では、励起光源42からの励起光は、合波器22及びサーキュレータ62を経て分散補償ファイバ53に入射する。その後、分散補償ファイバ53を通過後、ミラー72で反射され、再び分散補償ファイバ53を通過する。分散補償ファイバ53を再通過した励起光は、サーキュレータ62を経てエルビウム添加ファイバ12に入射し、エルビウム添加ファイバ12を励起する。一方、前記第1実施例では、分散補償ファイバ52を再通過した励起光は、合波器22により除去され、サーキュレータ61に入射することはない。

【0023】本実施例では、分散補償ファイバ53を再通過し、サーキュレータ62から信号光とともに出射した励起光の波長及びパワーが、エルビウム添加ファイバ12を励起することに適していることを利用している。具体的には、エルビウム添加ファイバ12は1.45 μ mの励起光で励起可能である。また、分散補償ファイバ53の損失係数の典型値は約0.4dB/kmであるから、5kmの分散補償ファイバの往復の損失は約4dBである。

【0024】ミラー72の反射率は100%近い(95%以上)のものが容易に作製できるため、励起光源42から分散補償ファイバ53に入射した励起光パワーの相当量がエルビウム添加ファイバ12に入射する。上記のように、本実施例の光ファイバ増幅器を用いれば、前記第1実施例に比べ、励起光源などの高価な光部品が省略でき、従来技術と比べ、光ファイバ増幅器のさらなる簡素化・低価格化が可能である。

【0025】〔第3実施例〕本発明の第3実施例に係る光ファイバ増幅器の構成を図4に示す。本実施例は、前記第2実施例と類似しているが、下記の点が主に異なる。即ち、第2実施例では、励起光源42に対する合波器22を、エルビウム添加ファイバ11とサーキュレータ62の間に設置していたが、本実施例では、信号光入力側のアイソレータ31とエルビウム添加ファイバ11の間に設置している。また、本実施例では、励起光源41及び励起光源41用の合波器21を用いていない。

【0026】本実施例では、励起光源42からの励起光は、合波器22、エルビウム添加ファイバ11、サーキュレータ62を経て分散補償ファイバ53に入射する。その後は、第2実施例と同様にエルビウム添加ファイバ12を励起するように伝搬する。多くの場合、エルビウム添加ファイバ11は前置増幅器動作を行うため、エルビウム添加ファイバ11による励起光源42からの励起光の吸収量は小さい。

【0027】従って、エルビウム添加ファイバ11を出射した励起光源42からの励起光を再利用することが可能である。上記のように、本実施例の光ファイバ増幅器を用いれば、前記第2実施例に比べ、励起光源などの高価な光部品が省略でき、従来技術と比べ、光ファイバ増

幅器のさらなる簡素化・低価格化が可能である。

【0028】〔第4実施例〕本発明の第4の実施例に係る光ファイバ増幅器の構成を図5に示す。本実施例は、前記第2実施例と類似しているが、下記の点が主に異なる。即ち、本実施例では、信号光入力側のエルビウム添加ファイバ11を用いていない。

【0029】一般に、エルビウム添加ファイバ11を用いた方が光ファイバ増幅器の雑音指数が低くできるなどの利点があるため、第2実施例のようにエルビウム添加ファイバ11を用いる場合が多い。しかしながら、分散補償ファイバの損失値やラマン利得の大きさに依存するが、本実施例の構成でもある程度の低い雑音指数を得ることが可能である。例えば、第2実施例の光ファイバ増幅器の雑音指数が6dBのとき、本実施例のラマン利得(内部値)が15dB雑音指数が6.5dBである。

【0030】〔第5実施例〕本発明の第5実施例に係る光ファイバ増幅器の構成を図6に示す。前記第1実施例と類似しているが、下記の点が主に異なる。即ち、本実施例では、励起光源41の励起光波長を1.42 μ m、励起光源42の励起光波長を1.52 μ mとしている。

【0031】その結果、ラマン利得のピーク波長は、第1実施例で約1.55 μ m、本実施例で約1.62 μ mとなり、光ファイバ増幅器の広帯域化が可能である(S. Kawai et al., Electron. Lett., Vol. 34, pp.897-898, 1998)。また、励起光源41の励起光波長の違いにより、雑音指数は、第1実施例で約6dB、本実施例で約5dBとなる。従って、第1実施例と比較して、広帯域化と低雑音指数化が可能であるという特徴がある。

【0032】〔第6実施例〕本発明の第6実施例に係る光ファイバ増幅器の構成を図8に示す。本実施例は、図7の従来技術の第2構成の欠点を解決した構成であり、その従来技術の第2構成とは下記の点が主に異なる。即ち、本実施例では、励起光源42からの励起光を、前記第4実施例と同様に、サーキュレータ62とミラー72を用いて循環させ、ラマンファイバ81とラマンファイバ82を一括して励起している。その結果、従来技術の第2構成と比べ、励起光源の数を減らすことができる。また、励起光源42からの励起光のパワーが十分大きくとれる場合には、図に示したようにラマンファイバ81の長さを低減することができる。

【0033】信号光波長はラマンファイバ81、82がシリカラマンファイバの場合には、およそ1.53~1.56 μ mである。本実施例では、ラマンファイバ82中での励起光の伝搬方向が、従来技術の第2構成の場合と逆であり、また、ラマンファイバ81中での信号光は双方向に伝搬している。しかしながら、光ファイバ増幅器の動作条件にも依存するが、特に、一般的な応用において、本実施例に係る光ファイバ増幅器に不具合が生じることはない。

【0034】〔第7実施例〕本発明の第7実施例に係る

光ファイバ増幅器の構成を図 9 に示す。本実施例は、前記第 6 実施例と類似しているが、下記の点が主に異なる。即ち、本実施例では、ラマンファイバ 8 2 のサーキュレータ 6 2 の反対側にミラー 7 3 を設置し、信号光及び励起光を反射させている。その結果、ラマン利得の増大と励起光の再利用が可能であるという利点がある。また、一般に、ラマンファイバ 8 2 の長さは、前記第 6 実施例の場合の半分程度に低減できるという利点がある。

【0035】〔第 8 実施例〕本発明の第 8 実施例に係る光ファイバ増幅器の構成を図 11 に示す。図 10 の従来技術の第 3 構成の欠点を解決した構成であり、その従来技術の第 3 構成とは下記の点が主に異なる。即ち、本実施例では、励起光源 4 2 の励起光波長を、従来技術の第 3 構成の場合よりも、信号光波長に近い値（本図の例では $1.54\mu\text{m}$ ）とし、励起光源 4 3 を省略している。

【0036】本実施例では、励起光源 4 2 からの励起光はエルビウム添加ファイバ 1 2 の信号光出力側まで到達するので、そのエルビウム添加ファイバ 1 2 の信号光出力側付近を励起することができ、励起光源 4 3 を省略することが可能になっている。励起光源 4 2 の励起光波長は従来技術では $1.47\sim 1.49\mu\text{m}$ であるが、本実施例では $1.50\sim 1.58\mu\text{m}$ とし、上記の効果を得ることができる。ただし、その励起光波長に応じて信号光波長が異なる。従って、従来技術に比べ、光ファイバ増幅器の構成部品数の低減と低価格化が可能である。

【0037】〔第 9 実施例〕本発明の第 9 実施例に係る光ファイバ増幅器の構成を図 12 に示す。本実施例は、図 10 の従来技術の第 3 構成の欠点を解決した構成であり、その従来技術の第 3 構成とは下記の点が主に異なる。即ち、本実施例では、エルビウム添加ファイバ 1 1 とエルビウム添加ファイバ 1 2 の間にサーキュレータ 6 1 を設置し、またエルビウム添加ファイバ 1 2 のサーキュレータ 6 1 の反対側にミラー 7 1 を設置している。

【0038】信号光は、エルビウム添加ファイバ 1 2 中を双方向に伝搬する。その結果、エルビウム添加ファイバ 1 2 に対する励起光源は 1 つで足りている。エルビウム添加ファイバ 1 2 の長さは、従来技術の第 3 構成の場合の約半分である。

【0039】〔第 10 実施例〕本発明の第 10 実施例に係る光ファイバ増幅器の構成を図 13 に示す。前記第 9 実施例と類似しているが、下記の点が主に異なる。即ち、本実施例では、励起光源はエルビウム添加ファイバ 1 1 の信号光入力側に設置した 1 つの励起光源 4 1 のみである。その励起光源 4 1 からの励起光は、エルビウム添加ファイバ 1 1、サーキュレータ 6 1、エルビウム添加ファイバ 1 2 の順に伝搬してエルビウム添加ファイバ 1 1 及びエルビウム添加ファイバ 1 2 を励起する。

【0040】従って、従来技術に比べ、励起光源 4 2、

合波器 2 2 などの部品点数の顕著な低減が可能である。このように説明したように本発明によれば、ラマンファイバ光増幅器を、サーキュレータとミラーを用いて構成したため、ラマンファイバの長さが半減でき、また、励起光源の数を適宜減らすことができるので、安価で小型の光ファイバ増幅器を実現できる。

【0041】

【発明の効果】以上、実施例に基づいて具体的に説明したように、本発明によれば、従来技術の問題点であった光ファイバ増幅器の部品点数が多く、高価・大型であるという欠点が解決できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施例に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【図 2】従来技術の第 1 構成に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【図 3】本発明の第 2 実施例に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【図 4】本発明の第 3 実施例に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【図 5】本発明の第 4 実施例に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【図 6】本発明の第 5 実施例に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【図 7】従来技術の第 2 構成に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【図 8】本発明の第 6 実施例に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【図 9】本発明の第 7 実施例に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【図 10】従来技術の第 2 構成に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【図 11】本発明の第 8 実施例に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

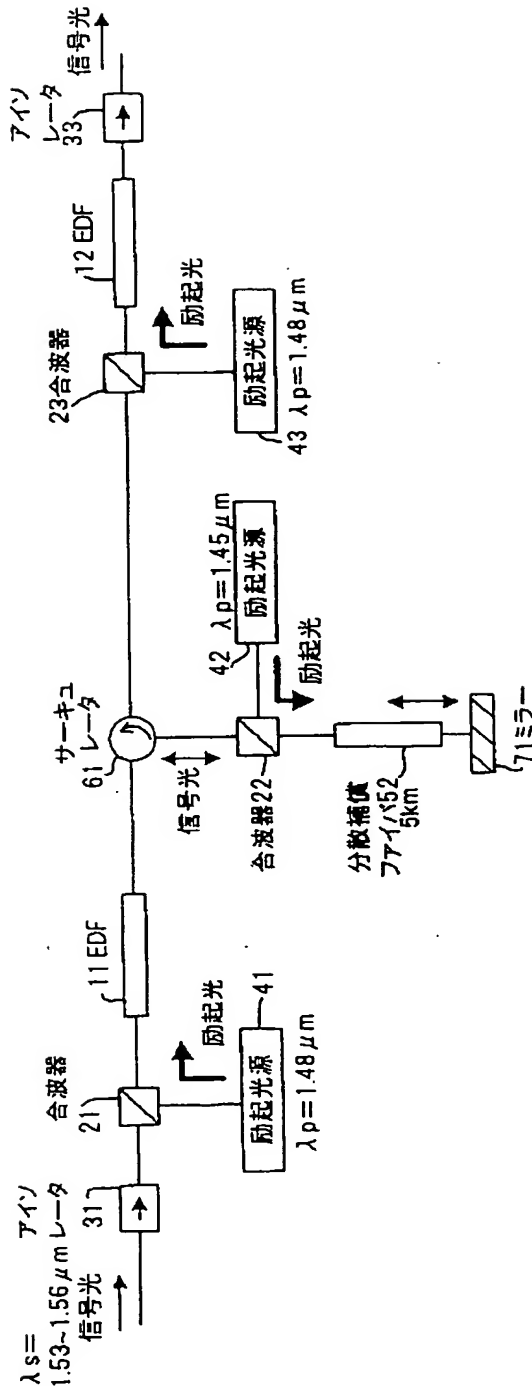
【図 12】本発明の第 9 実施例に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【図 13】本発明の第 10 実施例に係る光ファイバ増幅器を示す構成図である。

【符号の説明】

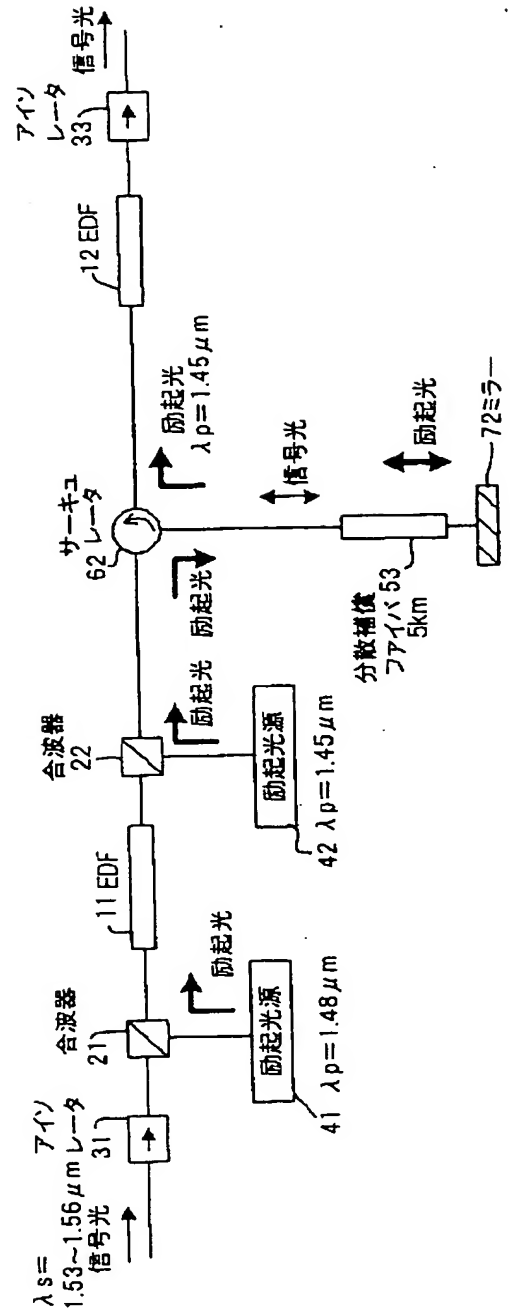
- 1 1, 1 2 エルビウム添加ファイバ
- 2 1, 2 2 合波器
- 3 1, 3 2, 3 3 アイソレータ
- 4 1, 4 2, 4 3 励起光源
- 5 1, 5 2 分散補償ファイバ
- 6 1, 6 2 サーキュレータ
- 7 1, 7 2 ミラー
- 8 1, 8 2 ラマンファイバ

本発明の第1実施例



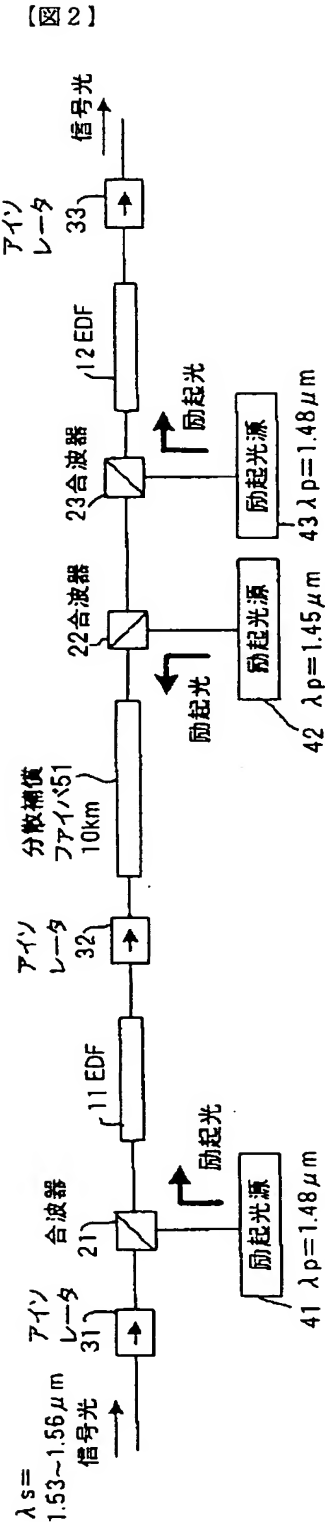
【図1】

本発明の第2実施例

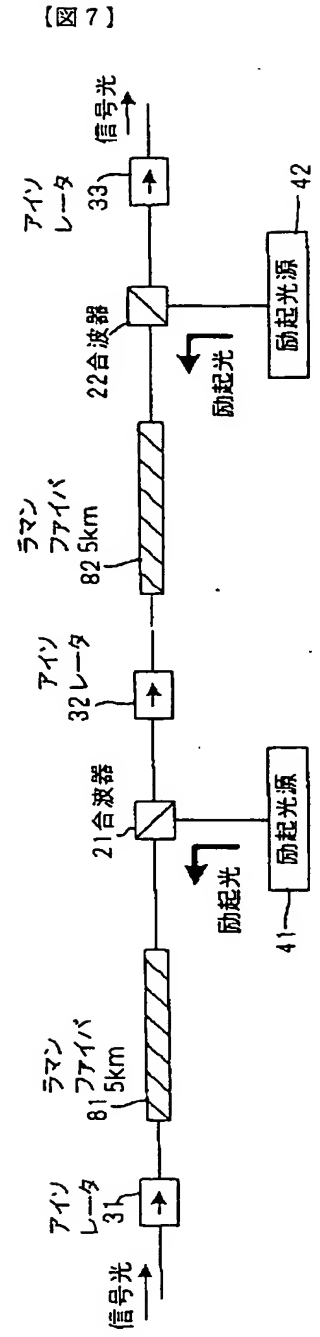


【図3】

従来技術の第1構成

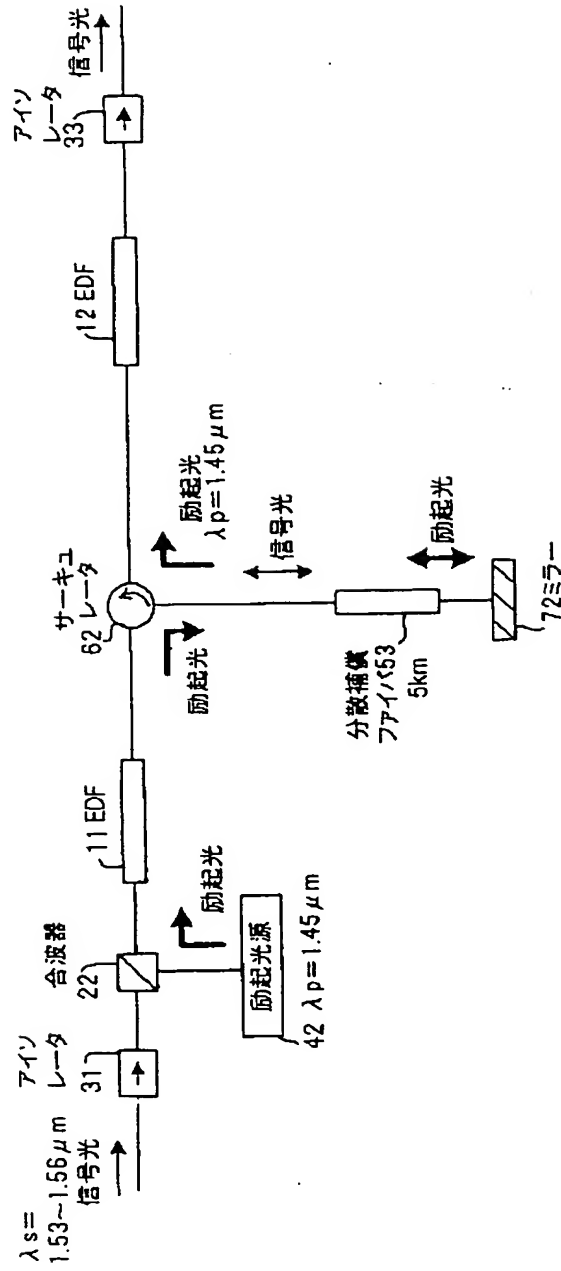


従来技術の第2構成



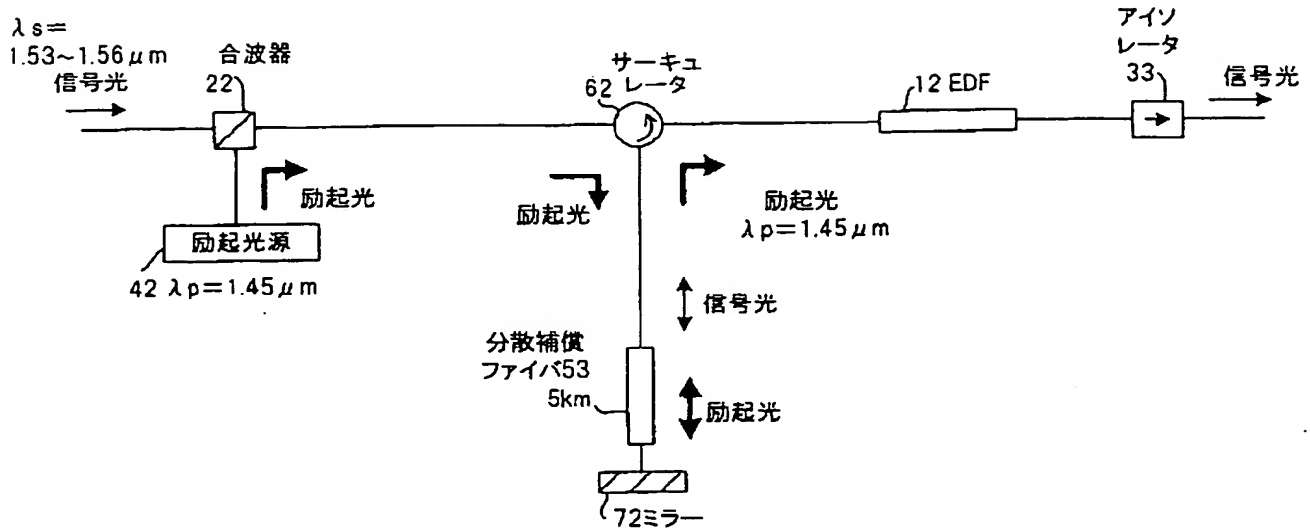
【図 4】

本発明の第3実施例



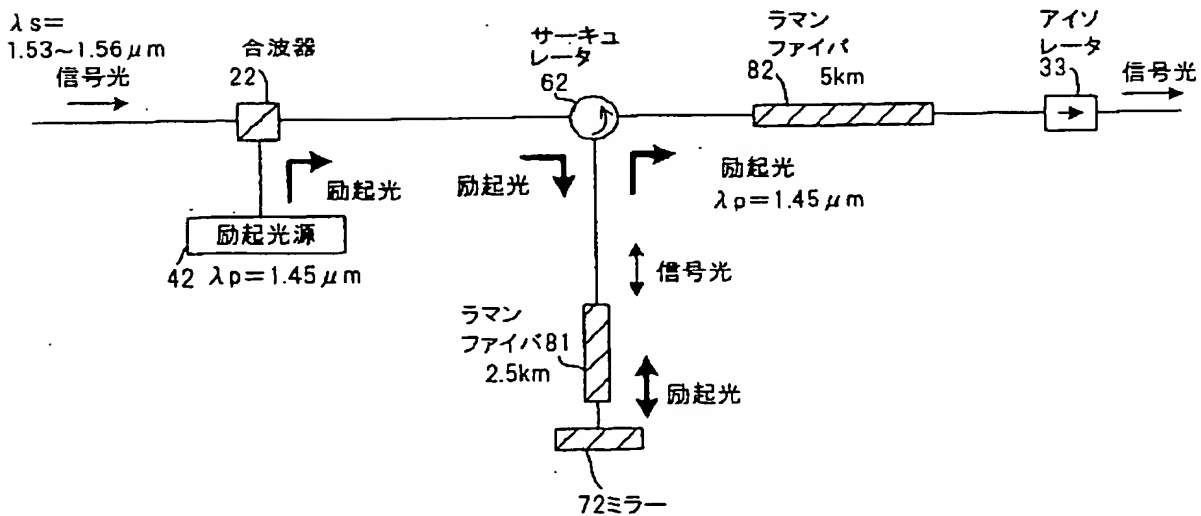
【図 5】

本発明の第4実施例



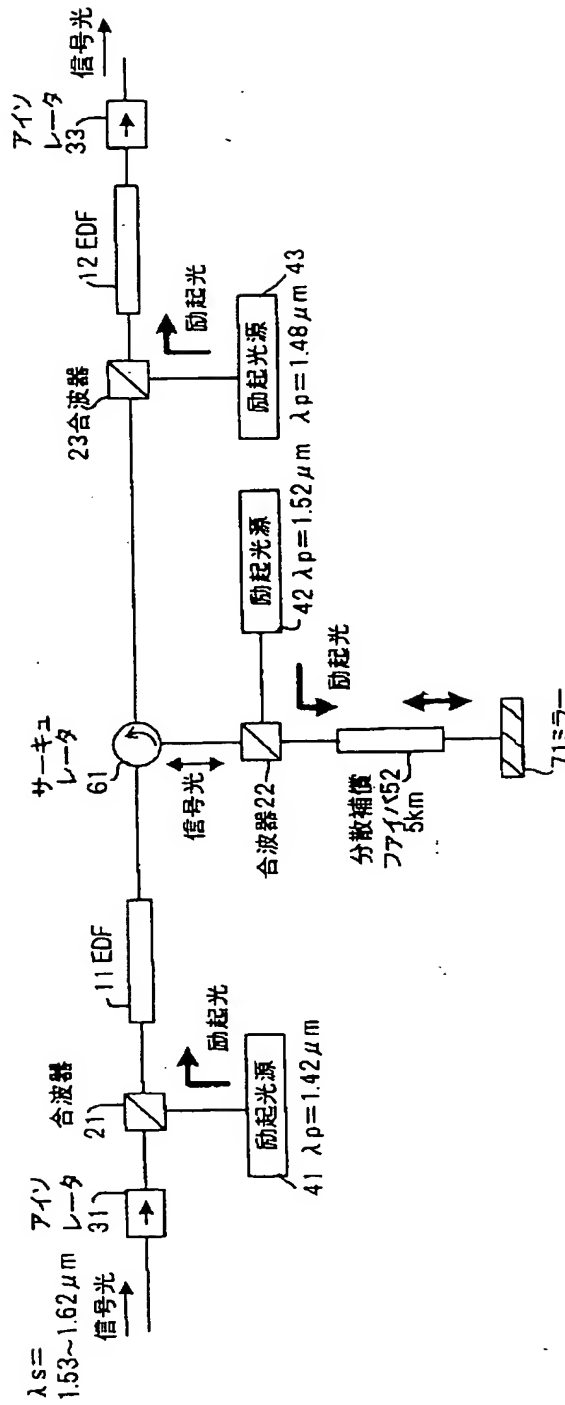
【図 8】

本発明の第6実施例



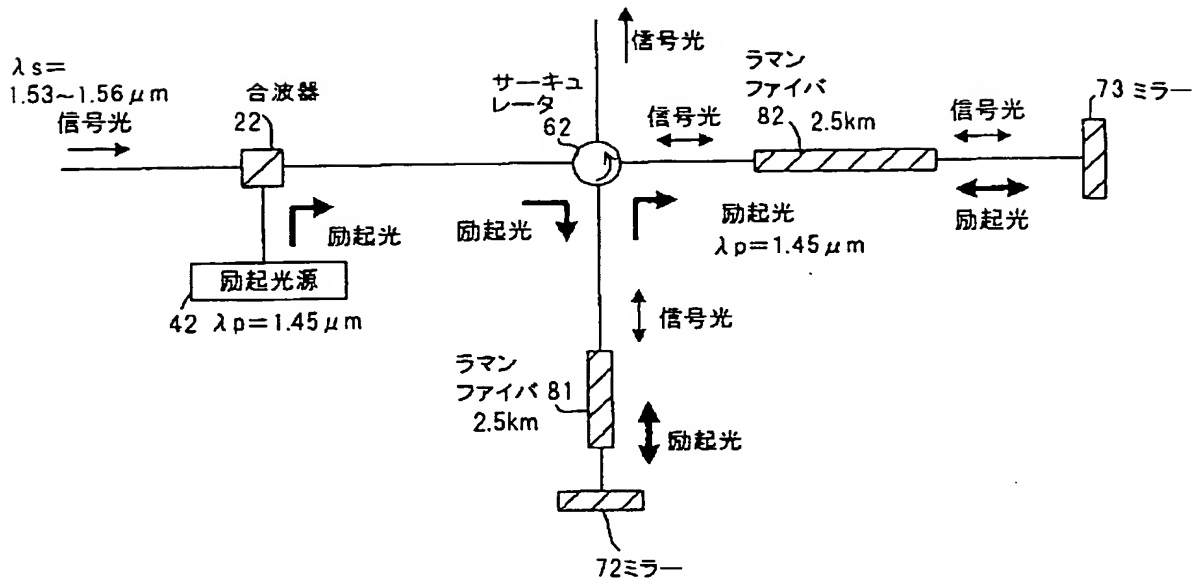
【図 6】

本発明の第5実施例



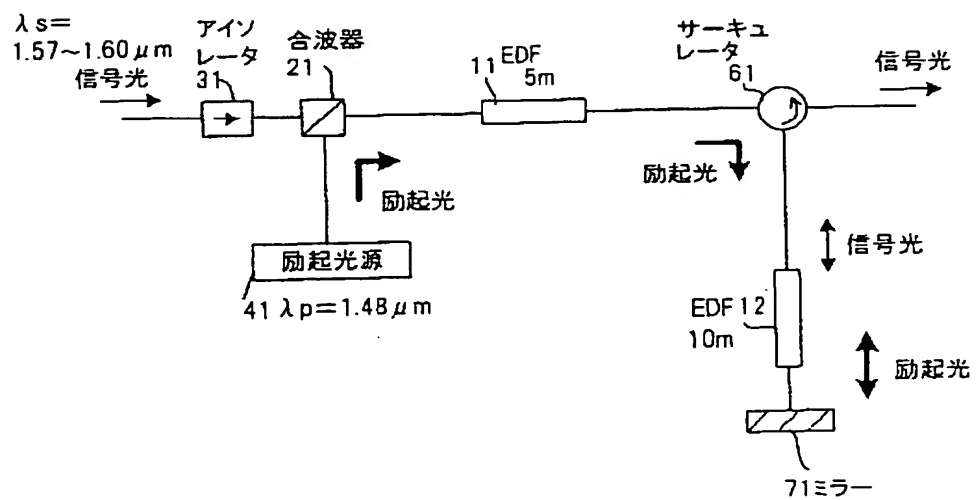
【図 9】

本発明の第7実施例



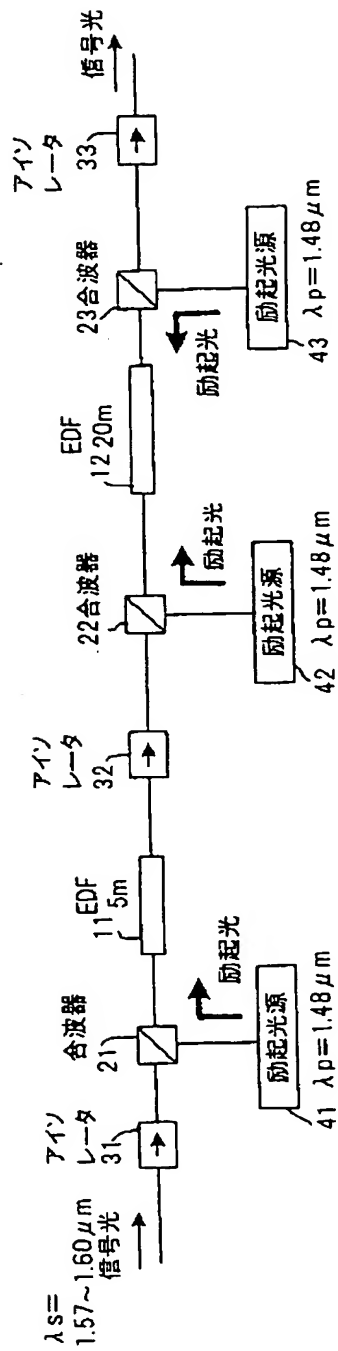
【図 13】

本発明の第10実施例



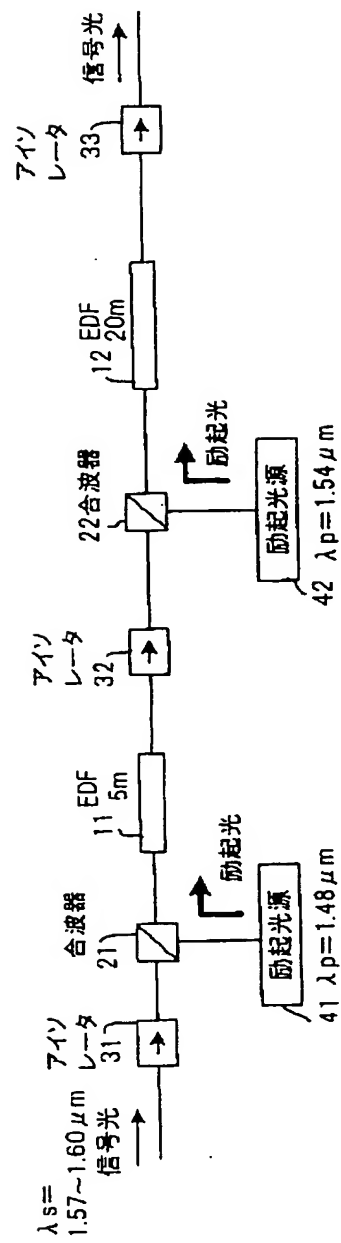
【図 10】

従来技術の第3構成



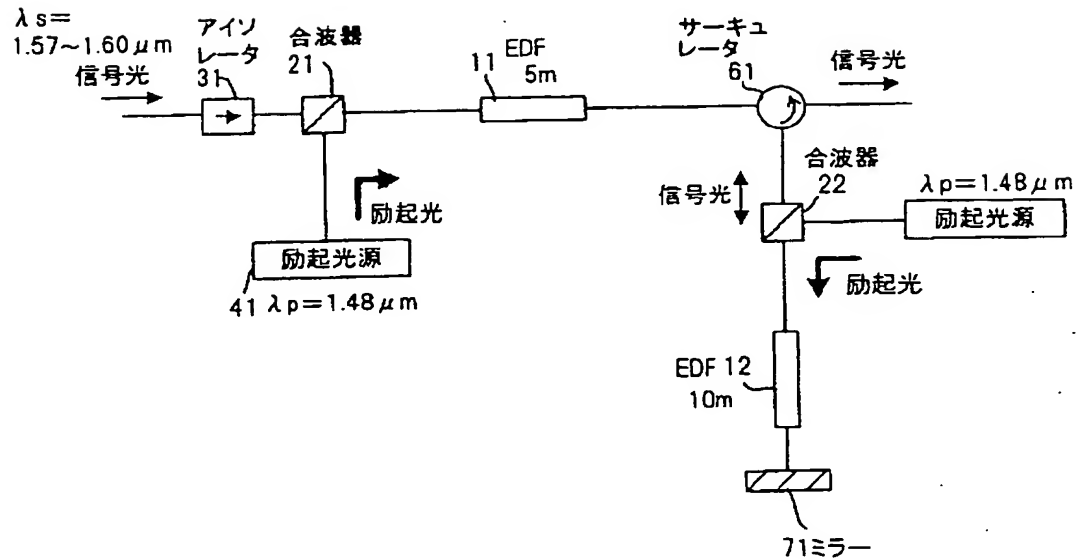
【図 11】

本発明の第8実施例



【図 12】

本発明の第9実施例



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 4 B 10/13 10/135 10/14 10/16 10/17		H 0 4 B 9/00	J
(72) 発明者 小野 浩孝 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日 本電信電話株式会社内		F ターム (参考) 2K002 AA02 AB30 BA01 CA15 DA10 HA23	
(72) 発明者 清水 誠 東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日 本電信電話株式会社内		5F072 AB09 JJ01 JJ08 KK05 KK30 PP07 QQ07 RR01 YY17 5K002 BA05 BA21 CA13 FA01	